(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) Publication of Laid Open Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application:

Japanese Patent Laid-Open Publication No. 4-22925

(43) Date of Publication of Application

January 27, 1992 (Heisei 4)

(51) Int. Cl.^{5}:

G 02 F 1/35

G 02 B 6/00

H 01 S 3/07

3/0915

H 04 B 10/08

Identification Mark 501

Intraoffice Reference Number:

7246-2K

8426-5K H 04 B 9/00 K

7630-4M H 01 S 3/091 J

9017-2K G 02 B 6/00

Request for Substantive Examination: not requested

Number of Claims: 6 (Total 9 pages)

(54) Title of the Invention:

Optical Fiber Transmission System

(21) Application Number:

Japanese Patent Application No. 2-126802,

(22) Date of Filing: May 18, 1990 (Heisei 2)

(71) Applicant:

Toshiba Corporation

Horikawa-cho 72, Saiwai-ku, Kawasaki, Kanagawa Prefecture

(72) Inventors:

Toshifumi Tamura

c/o Toshiba Komukai kojo, Komukai Toshiba-cho 1, Saiwai-ku, Kawasaki, Kanagawa Prefecture

Akitoshi Yoshinaga

c/o Toshiba Komukai kojo, Komukai Toshiba-cho 1, Saiwai-ku, Kawasaki, Kanagawa Prefecture

Ken Koseki

c/o Toshiba Komukai kojo, Komukai Toshiba-cho 1, Saiwai-ku, Kawasaki, Kanagawa Prefecture

(74) Agent:

patent attorney Takehiko Suzue and three other persons

SPECIFICATION

1. Title of the Invention: Optical Fiber Transmission System

2. Claims

(1) An optical fiber transmission system in which an optical fiber amplifier based on an optical fiber is provided in an optical transmission line from an optical transmitter to an optical receiver and transmitted signal light entering said optical fiber amplifier is multiplexed with exciting light and optically amplified to reduce transmission loss, the system comprising:

exciting light abnormality detection means, located in said optical fiber amplifier, to monitor the condition of said exciting light and detect an exciting light abnormality according to information obtained by monitoring;

modulation means, located in said optical fiber amplifier, to modulate the intensity of said exciting light according to the result of detection by said exciting light abnormality detection means; and

monitoring means, located in said optical receiver, to demultiplex exciting light from transmitted signal light and decide whether an abnormality exists at the upstream, according to the condition of demultiplexed exciting light.

(2) The optical fiber transmission system as claimed in Claim 1, characterized in that said modulation means modulates the intensity of said exciting light in a range where the gain of said optical fiber amplifier is saturated.

(3) The optical fiber transmission system as claimed in Claim 1, characterized in that said modulation means modulates the intensity of said exciting light with a frequency which is much higher than the frequency band of said transmitted signal light.

(4) The optical fiber transmission system as claimed in Claim 1, characterized in that said optical fiber amplifier has an input abnormality detection means to demultiplex

exciting light from input light and detect an abnormality existing at the upstream according to the condition of the demultiplexed exciting light, and when an abnormality is detected by this means, said exciting light is intensity-modulated.

(5) The optical fiber transmission system as claimed in Claim 1, characterized in that said optical fiber amplifier has an output abnormality detection means to monitor output light and detect an output abnormality according to information obtained by monitoring and when an abnormality is detected by this means, said exciting light is intensity-modulated.

(6) The optical fiber transmission system as claimed in Claim 1, characterized in that:

said optical fiber amplifier has an input abnormality detection means to demultiplex exciting light from input light and detect an abnormality existing at the upstream according to the condition of the demultiplexed exciting light; an output abnormality detection means to monitor output light and detect an output abnormality according to information obtained by monitoring; and modulation control means to selectively change and control the modulation frequency of said modulation means according to abnormality detection information from said input abnormality detection means, output abnormality detection means and exciting light abnormality detection means; and that

said optical receiver has a frequency identifying means to identify the modulation frequency of said demultiplexed exciting light.

3. Detailed Description of the Invention

[Object of the Invention]

[Industrial Field of Utilization]

The present invention relates to an optical fiber transmission system in which an optical fiber amplifier for amplifying an optical signal by an optical fiber is provided in a optical transmission line between an optical transmitter and an optical receiver.

[Prior Art]

In an existing optical fiber transmission system, repeaters are provided at regular intervals in an optical transmission line in order to compensate for transmission loss. In each of these repeaters, transmitted signal light is converted into an electric signal by a photodetector; then the electric signal is amplified by an amplifier and reconverted into an optical signal through a semiconductor laser, LED or the like, then the optical signal is sent to the optical transmission line. Hereinafter, a repeater which involves

optical-electrical and electrical-optical conversion processes is referred to as an "electrical optical repeater."

Recently, research in optical amplifiers which use optical fibers (hereinafter referred to as optical fiber amplifiers) has been in progress and demonstrates that they provide excellent characteristics. Unlike electrical optical repeaters, optical fiber amplifiers do not involve optical-electrical and electrical-optical conversion processes in repeating operation and may be thus considered as all-optical repeaters. The use of optical fiber amplifiers as repeaters contributes to repeater size reduction and power saving.

Fig.6 shows an optical fiber transmission system which uses an optical fiber amplifier. As shown in the figure, there is a signal source 11 on the transmitting side. A signal coming from this signal source 11 is modulated by an optical transmitter 12 to become signal light in the 1.5 μm wavelength band and sent to an optical transmission line 13 as an optical fiber line. Since this optical transmission line 13 does not have an amplifying function, the signal light undergoes transmission loss. The transmission loss in the signal light is compensated for by an optical fiber amplifier 14.

This optical fiber amplifier 14 is composed of an exciting light source, a multiplexer for multiplexing input light with exciting light and an Er-doped optical fiber, an optical fiber with a core doped with erbium. The latest type of optical fiber amplifier provides excellent characteristics. Fig.7 shows the internal structure of the abovementioned optical fiber amplifier 14. As shown in Fig.7, signal light coming through an input port 141 from the optical transmission line 13 enters a multiplexer 142. In the multiplexer 142, incoming signal light is multiplexed with exciting light (for example, light in the 1.48 μm band) from the exciting light source 143. The multiplexed light is sent to an Er-doped optical fiber 144. This optical fiber 144 has an amplifying function. The signal light amplified by the optical fiber 144 and the remaining exciting light are sent through an output port 145 to an optical transmission line 15.

In this way, the signal light whose transmission loss has been compensated for by the optical fiber amplifier 14 again enters the optical transmission line 15 which has no amplifying function, and then goes to an optical receiver 16 located a certain distance away. Fig.8 shows the structure of an input portion of the optical receiver 16. As shown in Fig.8, the multiplexed light coming through an input port 161 from the optical transmission line 15 once enters a bandpass filter 162. This bandpass filter 162 is intended to remove the exciting light in the 1.48 μm band from the multiplexed light. After removal of the exciting light, the signal light is sent to a light receiving device 163

where it is converted into an electric signal as a reception signal. An optical fiber transmission system is thus constituted.

As compared with an electrical optical repeater, an all-optical repeater which uses an optical fiber amplifier as mentioned above has a problem to be solved from the viewpoints of operation, management and maintenance because of its special feature that optical-electrical conversion and electrical-optical conversion processes are not involved.

Generally, in an electrical optical repeater, the condition of a signal which has been subjected to optical-electrical conversion and transmitted is monitored and processed by an electrical means and if an abnormality is found, information indicating the abnormality is added to the electrical signal; then it is reconverted into an optical signal which is then sent to an optical fiber. In this constitution, an abnormality existing at the upstream of the transmission system can be detected at its downstream, which makes operation, monitoring and maintenance of the transmission system easy.

On the other hand, an all-optical repeater has neither effective means to monitor the condition of the signal and deal with it nor effective means to detect an abnormality and add information on the existence of the abnormality, so it is impossible for an abnormality existing at the upstream to be detected at the downstream. This means that in a transmission system using an all-optical repeater, if it does not have a monitoring line independently from a transmission line which carries a main signal, operation, management and maintenance of the system is difficult.

[Problem to be Solved by the Invention]

As described above, in an optical fiber transmission system which uses a conventional all-optical repeater, a monitoring line independent from a main signal transmission line is needed in order for an abnormality at the upstream to be detected at the downstream and it is not easy to perform operation, management and maintenance of the system.

The present invention has been made to solve the above problem and its primary object is to provide an optical fiber transmission system which allows an abnormality existing at the upstream to be easily detected at the downstream without a special monitoring line, and thus makes operation, management and maintenance of the system easy.

[Constitution of the Invention]

[Means for Solving the Problems]

In order to achieve the above object, the present invention provides an optical fiber transmission system in which an optical fiber amplifier based on an optical fiber is provided in an optical transmission line from an optical transmitter to an optical receiver and transmitted signal light entering the optical fiber amplifier is multiplexed with exciting light and optically amplified to reduce transmission loss. The system comprises: exciting light abnormality detection means, located in the optical fiber amplifier, to monitor the condition of the exciting light and detect an exciting light abnormality according to information obtained by monitoring; modulation means, located in the optical fiber amplifier, to modulate the intensity of the exciting light according to the result of detection by the exciting light abnormality detection means; and monitoring means, located in the optical receiver, to demultiplex exciting light from transmitted signal light and decide whether an abnormality exists at the upstream, according to the condition of the demultiplexed exciting light.

[Function]

In the above optical fiber transmission system, the condition of the transmission system is continuously monitored for an abnormality and if an abnormality is detected, the intensity of exciting light is modulated and the modulated exciting light is multiplexed with the signal light; in the optical receiver, the exciting light is removed (demultiplexed) from the transmitted optical signal and the condition of the resulting signal is checked to see if there is an abnormality at the upstream.

[Preferred Embodiments]

Next, preferred embodiments of the present invention will be described referring to Figs. 1 to 4.

Fig.1 shows a first embodiment of the invention. In Fig.1, the same components as those shown in Figs. 5 and 6 are designated by the same reference numerals, and a description given here focuses on other components.

Signal light coming from the optical transmission line 13 enters an optical fiber amplifier 21. The optical fiber amplifier 21 sends the signal light from the optical transmission line 13 connected with an input port 211 to a multiplexer 212 where the signal light is multiplexed with exciting light from an exciting light source 213 and optically amplified with an Er-doped optical fiber 214 before being sent to the optical transmission line 15.

The optical fiber amplifier 21 further comprises a monitor circuit 216 for monitoring output of the exciting light source 213 for an abnormality and a modulator

217 for modulating the optical output intensity of the exciting light source 16. If the output intensity of the exciting light source 213 is not within a prescribed range, the monitor circuit 216 detects it and generates an abnormality detection signal; upon reception of this abnormality detection signal, the modulator 217 modulates the optical output intensity of the exciting light source 213 with a given frequency.

The output light from the optical fiber amplifier 21 goes through the optical transmission line 15 to an optical receiver 22. This optical receiver 22 receives the light coming through an input port 221 from the optical transmission line 15. This incoming light is made incident on a demultiplexer 222. The demultiplexer 222 sends the light in the signal light wavelength band to a light receiving device 223 for receiving signals and the remaining light (including exciting light) to a light receiving device 224 for monitoring the transmission line. The signal received by the light receiving device 223 for receiving signals is sent to a reception circuit and demodulated. The signal received by the light receiving device 224 for monitoring the transmission line is sent to an abnormality detector 225 where an abnormality in the optical fiber amplifier 21 is detected by checking if the intensity of exciting light has been modulated or not.

Referring to Fig.2, the abnormality detection sequence in the above constitution is explained below.

Fig.2 is a characteristic graph for the optical fiber amplifier 21,where the horizontal axis represents the intensity of exciting light and the vertical axis represents the gain of the optical fiber amplifier. As can be understood from the graph, in the lower exciting light intensity range (1), as the exciting light intensity goes up, the gain of the optical fiber amplifier increases, but after the exciting light intensity reaches a certain level (namely, in the higher exciting light intensity range (2)), the gain of the optical fiber amplifier remains unchanged (saturation state) even when the exciting light intensity goes up.

When the exciting light in the intensity range (1) is modulated, the optical fiber amplifier gain for the signal light is intensity-modulated and as a consequence, the signal light is also intensity-modulated, which unfavorably affects the demodulation on the receiving side. For example, if the transmitted signal light is a PCM signal, a deterioration in reception signal eye opening and an increase in jitter may result; if the transmitted signal light is an FM signal, AM-PM conversion may result, causing a deterioration in the reception signal's S/N ratio. On the other hand, when the exciting light in the intensity range (2) is modulated, the optical fiber amplifier gain for the signal light remains unchanged and as a consequence, the signal light does not newly undergo intensity modulation and there is no unfavorable influence on the

demodulation on the receiving side.

For the above reason, in this embodiment, the exciting light source 213 in the optical fiber amplifier 21 is driven with an intensity above a prescribed level and its output is monitored by the monitor circuit 216 and in the case of occurrence of an abnormality, the modulator 217 modulates the exciting light source 213 to make its output intensity above the predetermined level so that the abnormality in the optical fiber amplifier 21 is detected by the optical receiver 22. In this constitution, only the exciting light component of the multiplexed light sent to the optical receiver 22 is modulated. In the optical receiver 22, the exciting light component separated by the demultiplexer 222 is sent through the monitoring light receiving device 224 to the abnormality detector 225 which detects if the exciting light has been modulated. Thus, an abnormality in the optical fiber amplifier 21 can be detected without a special monitoring line.

In the above embodiment, upon occurrence of an abnormality, the exciting light source 213 is modulated. An alternative approach which is contrary to this may be that the exciting light source 213 is modulated in a normal condition and the modulation is stopped upon occurrence of an abnormality. This approach produces the same effects as above.

Next, another preferred embodiment of the present invention will be explained referring to Fig.3. The same components as those shown in Fig.1 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

This embodiment makes it possible to not only detect or monitor for an abnormality in the exciting light in the optical fiber amplifier 21 but also detect or monitor for an exciting light abnormality in a device upstream of the optical fiber amplifier 21 or an abnormality other than exciting light abnormality in the optical fiber amplifier 21 (for example, an abnormality in the optical fiber 214).

As shown in Fig.2, the transmitted signal light entering through the input port 211 is partially sent through a demultiplexer 218 to a monitoring light receiving device 219. The light receiving device 219 detects the level of the transmitted signal light and sends the detection signal to a modulation control circuit 2110. The modulation control circuit 2110 controls the modulation frequency of a modulator 217 depending on how it judges the situation. Specifically, if the level of the transmitted signal light coming from the light receiving device 219 is not within a prescribed range, it decides that an abnormality has occurred upstream of the optical fiber amplifier 21 (for example, in the transmission line or optical transmitter); and if the detection signal comes from a monitor circuit 216, it decides that the output light of the exciting light source 213 of the

optical fiber amplifier 21 is abnormal. In the modulator 217, the modulation frequency should be variable.

In the above constitution, the modulation control circuit 2110 works as follows.

First, it checks the output level of the light receiving device 219 and if it detects a decline in the output level, it decides that an abnormality has occurred in the optical transmitter 12 (see Fig.1) or in the optical transmission line up to the optical fiber amplifier 21. Furthermore, if it detects a decline in the output level of the monitor circuit 216, it decides that an abnormality has occurred in the exciting light source 213. It selects the modulation frequency depending on the decision it has made for each situation to control operation of the modulator 217. Here, the selectable modulation frequency range should match the optical fiber amplifier gain saturation range.

In the above constitution, since exciting light is modulated in a manner to suit the type of abnormality without affecting the signal light and sent to the optical receiver, the optical receiver can know the location of abnormality by checking the modulation frequency of the separated exciting light. This means that an abnormality existing at the upstream can be easily detected at the downstream without the use of a special monitoring line and thus operation, management and maintenance of the system are easy.

Referring to Fig.3, the output level of the Er-doped optical fiber 214 is detected by the light receiving device 2112 after demultiplexing by the demutiplexer 2111 and the result of detection is sent to the modulation control circuit 2110, and if the detected output level is below a prescribed level, it is decided that there is an abnormality in the optical fiber amplifier and exciting light is intensity-modulated with a specific frequency by the modulator 213, so that the optical receiver is notified of the output abnormality.

All the abovementioned embodiments assume that one optical fiber amplifier is provided in an optical transmission line. A case of using plural optical amplifiers in an optical transmission line is explained next.

In this case, if the same type of optical fiber amplifier as the above one is used, when a preceding optical fiber amplifier has modulated the exciting light component and an abnormality occurs in the present optical amplifier, the exciting light is intensity-modulated with the same modulation frequency and therefore the optical receiver cannot identify which optical fiber amplifier is abnormal.

Fig.4 shows an optical fiber amplifier as an embodiment of the invention which enables the optical receiver to identify which optical fiber amplifier is abnormal when plural optical fiber amplifiers are used. In Fig.4, the same components as those shown

in Fig.1 are designated by the same reference numerals and their descriptions are omitted here.

This embodiment is different from the embodiment shown in Fig.3 in that the demultiplexer 218 (Fig.3) is replaced by a demultiplexer 2181. The transmitted light entering through the input port 211 is divided by the demultiplexer 2181 into a signal light component and a remaining light component and the signal light component and the remaining light component are respectively sent to the multiplexer 212 and the light receiving device 219 for monitoring the transmission line. If exciting light has been modulated in a preceding optical fiber amplifier, the detection signal obtained by the light receiving device 219 should have the same frequency as that of the modulated exciting light. The detection signal from the light receiving device 219 and the exciting light abnormality detection signal of the monitor circuit 216 are sent to the modulation control circuit 2110.

When the modulation control circuit 2110 receives a detection signal from the light receiving device 219, it decides that there is an abnormality in the preceding optical fiber amplifier; or if it receives a detection signal from the monitor circuit 216, it decides that the output light from the exciting light source 213 in the present optical fiber amplifier 21 is abnormal. Thus it controls the modulation frequency of the modulator 217 depending on how it judges the situation. In this case, the modulation frequency of the modulator 217 should be variable.

In the above constitution, the modulation control circuit 2110 works as follows like the embodiment shown in Fig.3.

First, it checks the output level of the light receiving device 219 and if it detects a decline in the output level, it decides that an abnormality has occurred in the output portion of the preceding optical fiber amplifier or the optical transmission line up to the present optical fiber amplifier 21. If it finds a signal with a specific frequency in the output of the light receiving device 219, it decides that an abnormality has occurred in the preceding optical fiber amplifier. Furthermore, if it detects a decline in the output level of the monitor circuit 216, it decides that an abnormality has occurred in the exciting light source 213. It selects the modulation frequency depending on the decision it has made for each situation to control operation of the modulator 217. Here, the selectable modulation frequency range should match the optical fiber amplifier gain saturation range.

In the above constitution, since exciting light is modulated in a manner to suit the type of abnormality without affecting the signal light and sent to the optical receiver, the optical receiver can know the location of abnormality by checking the modulation

frequency of the separated exciting light. This means that an abnormality existing at the upstream can be easily detected at the downstream without the use of a special monitoring line and thus operation, management and maintenance of the system are easy.

Like the embodiment shown in Fig.3, the output level of the Er-doped optical fiber 214 is detected by the light receiving device 2112 after demultiplexing by the demutiplexer 2111 and the result of detection is sent to the modulation control circuit 2110, and if the detected output level is below a prescribed level, it is decided that there is an abnormality in the optical fiber amplifier and the intensity of exciting light is modulated with a specific frequency by the modulator 213, so that the optical receiver is notified of the output abnormality.

In the above embodiments, the gain saturation of the optical fiber amplifier is used for intensity modulation of exciting light. Alternatively, the characteristic of gain response may be used for the same purpose. This approach changes the intensity of exciting light in the range where the gain of the optical fiber amplifier cannot follow; the intensity of light which excites the optical fiber amplifier is modulated with a high frequency so that information for operation, monitoring and maintenance of the transmission system including abnormality information can be transmitted to the downstream of the transmission system without causing an unfavorable influence on the signal light.

In this approach, when the exciting light source is modulated, the gain response of the optical fiber amplifier depends on the material of the optical fiber amplifier. In case of a quartz optical fiber amplifier doped with Er, in the 1.5 μm wavelength band where the gain can be large, the gain response cannot follow exciting light intensity modulation with frequencies of several kilohertz or more. Therefore, if the exciting light is intensity-modulated, for example, with a signal having a frequency component of several kilohertz, the gain of the optical fiber amplifier may be considered to remain unchanged over time. Contrariwise, if exciting light should be intensity-modulated with a signal of 10 hertz or so, the gain of the optical fiber amplifier would follow the change in the exciting light and the signal light would also be intensity-modulated, which would unfavorably affect the demodulation on the receiving side.

Fig.5(a) shows an unmodulated signal light pulse train. When this type of signal light is multiplexed with exciting light of 10 hertz or so, the resulting pulse train is as shown in Fig.5(b); here the pulse amplitude is not uniform, which will unfavorably affect the demodulation.

For the above reason, when the exciting light source is intensity-modulated at a

rate at which the gain of the optical fiber amplifier cannot response, only the wavelength of the exciting light can be changed without influencing the signal light. Therefore, this modulation means can also be used to give such information as optical fiber amplifier abnormality information to the downstream.

All the above embodiments have been described in connection with notification of an abnormality in the optical fiber amplifier to the downstream. However, if an optical transmitter is configured in the same way as above, it is possible to notify the downstream of a transmission problem in the optical transmitter. Also, the modulation means may be based on either the gain saturation or gain response of the optical fiber amplifier, or may be based on both to improve the reliability.

Furthermore, when the optical transmission line is a long distance one and an optical receiver is remotely located and it is more convenient for an optical amplifier located midway to monitor for an abnormality in various devices, a monitoring means to detect an abnormality may be provided in the optical fiber amplifier instead of in the optical receiver.

The invention may be embodied in any other forms without departing from the spirit and scope of the invention.

[Effects of the Invention]

As discussed so far, according to the present invention, it is possible to provide an optical fiber transmission system which allows an abnormality existing at the upstream to be easily detected at the downstream without a special monitoring line, and thus makes operation, management and maintenance of the system easy.

4. Brief Description of the Drawings

Fig.1 is a block diagram showing an optical fiber transmission system according to an embodiment of the present invention; Fig.2 is a characteristic graph for the explanation of a modulation means in the embodiment shown in Fig.1; Fig.3 and Fig.4 are block diagrams showing other embodiments of the invention; Figs.5(a) and (b) are waveform charts for the explanation of a modulation means in the embodiment shown in Fig.4; Fig.6 is a block diagram showing the basic configuration of the conventional optical fiber transmission system; Fig.8 is a block diagram showing the basic structure of an optical fiber amplifier in a system shown in Fig.7; and Fig.7 is a block diagram showing the structure of the input portion of an optical receiver in the system shown in Fig.6.

11...Signal source; 12...Optical transmitter; 13...Optical transmission line; 14, 21...Optical fiber amplifier; 15...Optical transmission line; 14, 21...Optical fiber amplifier; 15...Optical transmission line; 16, 21...Optical receiver; 141, 211...Input port; 142, 212...Multiplexer; 143, 213...Exciting light source; 144, 214...Er-doped optical fiber; 145, 215...Output port; 216...Monitor circuit; 217...Modulator; 218...Demultiplexer; 219...Light receiving device for monitoring the transmission line; 2110...Modulation control circuit; 2111...Demultiplexer; 2112...Light receiving device; 2181...Demultiplexer

Fig.1

12	光送信器	Optical transmitter
11	信号源	Signal source
212	光合波器	Multiplexer
213	励起光源	Exciting light source
216	モニタ回路	Monitor circuit
217	変調器	Modulator
222	光分波器	demultiplexer
223	受光素子	light receiving device
224	受光素子	light receiving device
225	異常検出時	Abnormality detector

Fig.2

光信号利得	Optical signal gain
励起強度	Exciting light intensity

Fig.3

	伝送信号光	Transmitted signal light
	合波光	Multiplexed light
218	光分岐器	Demultiplexer
219	受光素子	Light receiving device
212	光合波器	Multiplexer
213	励起光源	Exciting light source
216	モニタ回路	Monitor circuit
217	変調器	Modulator
2110	制御回路	Modulation control circuit
2112	受光素子	Light receiving device

Fig.4

	合波光	Multiplexed light
	合波光	Multiplexed light
218	光分岐器	Demultiplexer
219	受光素子	Light receiving device
212	光合波器	Multiplexer
213	励起光源	Exciting light source
216	モニタ回路	Monitor circuit
217	変調器	Modulator
2110	制御回路	Modulation control circuit
2112	受光素子	Light receiving device

Fig.6

12	光送信器	Optical transmitter
11	信号源	Signal source
14	光ファイバ増幅器	Optical fiber amplifier
16	光受信器	Optical receiver

Fig.7

	信号光	Signal light
	合波光	Multiplexed light
142	光合波器	Multiplexer
143	励起光源	Exciting light source

Fig.8

	合波光	Multiplexed light
163	受光素子	light receiving device
	受信信号	Reception signal

⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報（A）　平4－22925

⑤Int. Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号	
G 02 F 1/35	501	7246－2K	
H 04 B 9/00	K	8426－5K	
H 01 S 3/091	J※	7630－4M	

⑬公開　平成4年(1992)1月27日

審査請求　未請求　請求項の数 6　（全9頁）

⑤発明の名称　光ファイバ伝送システム

㉑特　願　平2－126802

㉒出　願　平2(1990)5月18日

⑫発明者　田村　敏文　神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝小向工場内

⑫発明者　吉永　彰俊　神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝小向工場内

⑫発明者　小関　健　神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地　株式会社東芝小向工場内

⑪出願人　株式会社東芝　神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑭代理人　弁理士　鈴江　武彦　外3名

最終頁に続く

明　細　書

1．発明の名称

光ファイバ伝送システム

2．特許請求の範囲

(1)光送信器から光受信器への光伝送路に光ファイバによる光ファイバ増幅器を介在させ、この光ファイバ増幅器に入力する被伝送信号光に励起光を合波して光増幅することにより伝送損失を低減する光ファイバ伝送システムにおいて、

前記光ファイバ増幅器に設けられ、前記励起光の状態をモニタして、そのモニタ情報から励起光の異常を検出する励起光異常検出手段と、

前記光ファイバ増幅器に設けられ、前記励起光異常検出手段の検出結果に応じて前記励起光の強度を変調する変調手段と、

前記光受信器に設けられ、被伝送光信号から合波されている励起光を分波し、分波された励起光の状態から上流の異常の有無を検出する監視手段と、

を具備したことを特徴とする光ファイバ伝送システム。

(2)前記変調手段は、前記光ファイバ増幅器の利得が飽和特性を示す領域で前記励起光の強度を変調することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送システム。

(3)前記変調手段は、前記被伝送信号光の周波数帯域より十分高い周波数で前記励起光を強度変調することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送システム。

(4)前記光ファイバ増幅器は、入力光から励起光を分波し、分波された励起光の状態から上流の異常を検出する入力異常検出手段を備え、この手段で異常が検出されたとき前記励起光の強度変調を行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送システム。

(5)前記光ファイバ増幅器は、出力光をモニタして、そのモニタ情報から光ファイバ増幅器の出力異常を検出する出力異常検出手段を備え、この手段で異常が検出されたとき前記励起光の強度変調を行うようにしたことを特徴とする請求項1記

載の光ファイバ伝送システム。

(6)前記光ファイバ増幅器は、入力光から励起光を分波し、分波された励起光の状態から上流の異常を検出する入力異常検出手段と、出力光をモニタして、そのモニタ情報から光ファイバ増幅器の出力異常を検出する出力異常検出手段と、前記入力検出手段、出力異常検出手段、励起光異常検出手段の各異常検出情報から、状況に応じて前記変調手段の変調周波数を選択的に切換制御する変調処理制御手段とを備え、

前記光受信器は、前記分波された励起光の変調周波数を識別する周波数識別手段を備えることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送システム。

3．発明の詳細な説明

［発明の目的］

（産業上の利用分野）

この発明は、光ファイバによって光信号を増幅する光ファイバ増幅器を、光送信器及び光受信器間の光伝送路に介在してなる光ファイバ伝送システムに関する。

（従来の技術）

現在用いられている光ファイバ伝送システムにあっては、伝送損失を補償するため、光伝送路中に所定の間隔で中継器を介在している。この中継器においては、被伝送信号光を光検出器により電気信号に変換し、この変換された電気信号を増幅器により増幅した後、半導体レーザあるいはＬＥＤ等によって再び光信号に変換して光伝送路に送出する構成になっている。以下、このように光／電気・電気／光の変換過程を含む中継器を電気的光中継器と略す。

一方、最近では光ファイバによる光増幅器（以下、光ファイバ増幅器と称する）の研究が進み、良好な特性が得られることが明らかになってきた。このような光ファイバ増幅器は、電気的光中継器と異なり、中継に際して光／電気・電気／光の変換過程を含まず、全光式中継器ということができる。光ファイバ増幅器を中継器として用いることは、中継器の小形化、省電力化をもたらす有望な手段である。

第６図に光ファイバ増幅器を一段用いた光ファイバ伝送システムの構成を示す。第６図において、送信側には信号源11があり、この信号源11の出力信号は光送信器12で変調を受けて波長1．5［μｍ］帯の信号光となり、光ファイバによる光伝送路13に送出される。この光伝送路13は増幅作用を持たず、信号光は伝送損失を受ける。この光伝送路13で伝送損失を受けた信号光は光ファイバ増幅器14で損失が補償される。

この光ファイバ増幅器14は、励起光源、入力光に励起光を合波する光合波器及びＥｒ（エルビウム）を光ファイバのコアにドープしたＥｒドープ光ファイバとで構成されるもので、近時、良好な特性が得られるようになったものである。第７図に上記光ファイバ増幅器14の内部構成を示す。第７図において、入力ポート141 に入力される光伝送路13からの信号光は光合波器142 に送られる。この光合波器142 は入力した信号光と励起光源143 からの励起光（例えば波長1．48［μｍ］帯）を合波するもので、この合波光はＥｒドープ光ファイバ144 に送出される。この光ファイバ144 は増幅作用を有するもので、ここで増幅された信号光と残存する励起光は出力ポート145 を介して光ファイバによる光伝送路15へ送出される。

このように光ファイバ増幅器14で損失を補償された信号光は再び増幅作用を持たない光伝送路15に送出され、一定の距離を隔てて設置される光受信器16に供給される。第８図に光受信器16の入力部分の構成を示す。第８図において、入力ポート161 に入力される光伝送路15からの合波光はいったんバンドパスフィルタ162 に入力される。このバンドパスフィルタ162 は合波光から励起光1．48［μｍ］帯を遮断するためのもので、ここで励起光が除去された後、信号光は受光素子163 に送られ、電気信号に変換されて受信信号となる。これによって光ファイバ伝送システムが形成される。

ところで、上記のような光ファイバ増幅器を用いた全光式中継器は、その特徴、すなわち光／電

気・電気／光の変換過程を含まないがために、電気的光中継器と比べ、伝送システムの運用、管理、保守の面で未だ解決すべき問題が残されている。

すなわち、一般に電気的光中継器では、光／電気変換を行った後、伝送されてきた信号の状態を電気的手段により監視・処理し、何らかの異常があれば異常であることを示す情報を付加した後、電気／光変換を行って光ファイバに送出している。この構成によれば、伝送システムの下流において、上流で異常があったことを検知可能であり、伝送システムの運用、監視、保守が容易にできる。

しかるに、全光式中継器では、信号の状態を監視・処理する手段、及び異常を検知して異常発生の情報を付加する有効な手段がないため、伝送システムの下流で上流の異常を有効に検知することができない。このことは全光式中継器を用いた伝送システムは、主信号を伝送する回線とは別に監視専用の回線を設けなければ、システムの運用、管理、保守が困難であることを意味する。

（発明が解決しようとする課題）

以上述べたように従来の全光式中継器を用いた光ファイバ伝送システムでは、下流側で上流側の異常を検知するには主信号伝送回線とは別に監視用回線が必要であり、容易にシステムの運用、管理、保守を行うことができなかった。

この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、別に監視用回線を用いることなく、下流側で上流側の異常を容易に検知することができ、これによって容易に運用、管理、保守を行うことのできる光ファイバ伝送システムを提供することを目的とする。

［発明の構成］

（課題を解決するための手段）

上記目的を達成するためにこの発明は、

光送信器から光受信器への光伝送路に光ファイバによる光ファイバ増幅器を介在させ、この光ファイバ増幅器に入力する被伝送信号光に励起光を合波して光増幅することにより伝送損失を低減する光ファイバ伝送システムにおいて、

前記光ファイバ増幅器に設けられ、前記励起光の状態をモニタして、そのモニタ情報から励起光の異常を検出する励起光異常検出手段と、前記光ファイバ増幅器に設けられ、前記励起光異常検出手段の検出結果に応じて前記励起光の強度を変調する変調手段と、前記光受信器に設けられ、被伝送光信号から合波されている励起光を分波し、分波された励起光の状態から上流の異常の有無を検出する監視手段とを具備して構成される。

（作用）

上記構成による光ファイバ伝送システムでは、光ファイバ増幅器において、伝送系の状態を逐次モニタしてその異常を検出し、例えば異常検出時に励起光の強度を変調して信号光に合波し、光受信器において、被伝送光信号から励起光を分波し、その状態を識別することにより、上流の異常の有無を判別する。

（実施例）

以下、第1図乃至第4図を参照してこの発明に係る実施例を説明する。

第1図は第1の実施例を示すものである。第1図において、第5図、第6図と同一部分には同一符号を付して示し、ここでは異なる部分を中心に説明する。

前記光伝送路13から送られてくる信号光は光ファイバ増幅器21に入射される。この光ファイバ増幅器21は入力ポート211に接続される光伝送路13からの信号光を光合波器212に送り、励起光源213からの励起光を合波した後、Erドープ光ファイバ214で光増幅して、出力ポート215より光伝送路15へ送出するようになっている。

上記光ファイバ増幅器21は、さらに励起光源213の出力状態をモニタして異常を検出するモニタ回路216と、励起光源16の光出力強度を変調する変調器217を備えている。すなわち、モニタ回路216は励起光源213の出力強度が基準レベルからずれた場合にこれを検出して異常検出信号を発生し、変調器217はこの異常検出信号を受けて励起光源213の光出力強度を一定の周波数で変調するようになっている。

この光ファイバ増幅器21の出力光は光伝送路15を介して光受信器22に送られる。この光受信器22は入力ポート221を介して光伝送路15からの伝送光を入力すると、この入力光を光分波器222に入射する。この光分波器222は入力光から信号光波長を中心とする波長帯の光を信号受信用受光素子223に導き、それ以外の光(励起光を含む)を伝送路監視用受光素子224に導く。信号受信用受光素子223で得られた受光信号は受信回路に送られ、復調検波される。また、伝送路監視用受光素子224で得られた受光信号は異常検出器225に送られ、ここで励起光の強度変調の有無を検出することによって光ファイバ増幅器21の異常の有無が検出される。

上記構成において、以下、第2図を参照して異常検出動作について説明する。

第2図は上記光ファイバ増幅器21の特性を示すもので、横軸には励起光の強度、縦軸には光ファイバ増幅器の利得が示されている。同図からわかるように、励起光の強度が低い領域①では、励起光の強度を増すに従って光ファイバ増幅器の利得が増大するが、励起光の強度がある値に達すると、それ以上励起光の強度を上げても(励起光の強度が高い領域②)光ファイバ増幅器の利得は増大せず、飽和状態となる。

したがって、①の領域で励起光を強度変調すると、信号光に対する光ファイバ増幅器の利得が変調を受け、その結果、信号光も強度変調されて受信側での復調に悪影響を及ぼす。例えば被伝送信号光がPCM符号の場合には、受信信号のアイ開口の劣化、ジッタの増加を招き、被伝送信号光がFM信号の場合にはAM－PM変換を招き、受信信号のSN比を劣化させる。しかるに、②の領域で励起光を変調すれば、信号光に対する光ファイバ増幅器の利得は変化を受けず、その結果、信号光も新たな強度変調を受けず、受信側での復調に悪影響を与えない。

そこで、この実施例では、光ファイバ増幅器21での異常発生を光受信器22で検知できるようにするため、光ファイバ増幅器21において、励起光源213を所定強度以上で駆動しておき、その出力をモニタ回路216で監視し、異常発生時には変調器217で励起光源213の出力強度を所定値以上で変調させるようにしている。この構成によれば、光受信器22に送られる合波光は励起光成分のみが変調されることになる。したがって、光受信器22において、光分波器222で分離される励起光成分を監視用受光素子224で受光して、異常検出器225で変調の有無を検出することにより、別に監視用回線を用いなくても、光ファイバ増幅器21で異常が発生したことを検知することができる。

尚、上記実施例では、励起光源213の変調を異常発生時に行うようにしたが、逆に正常状態で変調をかけておき、異常発生時に変調を停止するようにしても、同様の効果を得ることができる。

次に、第3図を参照して、この発明に係る他の実施例を説明する。但し、第3図において第1図と同一部分には同一符号を付して示し、その説明を省略する。

この実施例では、光ファイバ増幅器21の励起光の異常の検出・監視のみでなく、光ファイバ増幅器21以前の上流での異常及び光ファイバ増幅器21の励起光以外(例えば光ファイバ214)の異常検出・監視も可能である。

すなわち、第2図において、入力ポート211に入力される伝送信号光は光分岐器218により一部モニタ用の受光素子219に送られる。この受光素子219では伝送信号光のレベルを検出し、その検出信号を変調処理制御回路2110に送る。この変調処理制御回路2110は、受光素子219より送られた伝送信号光のレベルが所定の基準レベルからずれている場合は、光ファイバ増幅器21以前(例えば伝送路あるいは光送信器)で異常が発生していると判別し、またモニタ回路216から検出信号が送られてきた場合は、当該光ファイバ増幅器21の励起光源213の出力光に異常が発生していると判別し、各判別状態に応じて変調器217の変調周波数を制御するものである。この場合、変調器217はその変調周波数を可変可能であるものとする。

上記構成において、変調処理制御回路2110は、

例えば以下のような処理を行う。

まず、受光素子219の出力レベルをみて、例えばレベルダウンしている場合には、光送信器12（第1図参照）あるいは当該光ファイバ増幅器21までの光伝送路に異常が生じたと判断する。さらに、モニタ回路216の出力レベルをみてレベルダウンしている場合には、励起光源213に異常が生じたと判断する。このような各種判断が得られた場合には、状況別に変調周波数を選択して変調器217を駆動制御する。但し、変調周波数の選択範囲は、光ファイバ増幅器の利得飽和範囲に設定する。

このような構成によれば、信号光に影響を与えることなく、異常の種類別に励起光を変調して光受信器に送出することができるので、光受信器側で、分離した励起光の変調周波数を識別することにより、異常箇所を判別することが可能となる。これによって、別に監視用回線を用いることなく、下流側で上流側の異常を容易に検知することができ、容易に運用、管理、保守を行うことができる。

また、第3図に示すように、Erドープ光ファイバ214の出力レベルを光分岐器2111の分岐後、受光素子2112で検出し、その検出結果を前記変調処理制御回路2110に供給すれば、検出レベルが所定レベル以下となったとき、光ファイバ増幅器に異常が生じたと判断することができ、変調器213を通じて、特定の周波数で励起光を強度変調することによって、出力部異常の情報を光受信器側に知らせることができる。

ところで、以上の実施例は、いずれも光ファイバ増幅器が光伝送路内に1個設けられた場合についての例であるが、複数の光ファイバ増幅器を用いた場合について以下に説明する。

この場合において、上記構成の光ファイバ増幅器をそのまま用いると、前段の光ファイバ増幅器で励振光成分が変調されているときに当該光ファイバ増幅器でも異常が生じたとすれば、同一の変調周波数で励起光の強度を変調してしまうため、光受信器でどの光ファイバ増幅器が異常なのか区別することができない。

第4図は多数の光ファイバ増幅器を用いた場合に、いずれの光ファイバ増幅器が異常を生じたか光受信器側で識別可能とする光ファイバ増幅器の実施例を示すものである。但し、第4図において、第1図と同一部分には同一符号を付して示し、その説明を省略する。

すなわち、この実施例において、第3図に示した実施例と異なる点は、第3図の光分岐器218を光分波器2181に置き換えた点であり、入力ポート211に入力される伝送光は光分波器218で信号光成分とそれ以外の光成分とを分波し、信号光成分は光合成器212に、それ以外の光成分は伝送路監視用の受光素子219に送られる。この受光素子219で得られた検出信号は、前段の光ファイバ増幅器で励起光が変調を受けていれば、その変調周波数を有している。この受光素子219の検出信号は前記モニタ回路216の励起光異常検出信号と共に変調処理制御回路2110に送られる。

この変調処理制御回路2110は受光素子219から検出信号が送られてくれば、前段の光ファイバ増幅器に異常が発生していると判別し、またモニタ回路216から検出信号が送られてくれば、当該光ファイバ増幅器21の励起光源213の出力光に異常が発生していると判別し、各判別状態に応じて変調器217の変調周波数を制御するものである。この場合、変調器217はその変調周波数を可変可能であるものとする。

上記構成において、変調処理制御回路2110は、第3図の実施例の場合と同様に、例えば以下のような処理を行う。

まず、受光素子219の出力レベルをみてレベルダウンしている場合には、前段の光ファイバ増幅器の出力部あるいは当該光ファイバ増幅器までの光伝送路に異常が生じたと判断する。また、受光素子219の出力に特定の周波数信号が得られる場合には、前段の光ファイバ増幅器の励起光源に異常が生じたと判断する。さらに、モニタ回路216の出力レベルをみてレベルダウンしている場合には、励起光源213に異常が生じたと判断する。このような各種判断が得られた場合には、状況別に

変調周波数を選択して変調器217を駆動制御する。但し、変調周波数の選択範囲は、光ファイバ増幅器の利得飽和範囲に設定する。

このような構成によれば、信号光に影響を与えることなく、異常の種類別に励起光を変調して光受信器に送出することができるので、光受信器側で、分離した励起光の変調周波数を識別することにより、異常箇所を判別することが可能となる。これによって、別に監視用回線を用いることなく、下流側で上流側の異常を容易に検知することができ、容易に運用、管理、保守を行うことができる。

また、第3図の実施例と同様に、Ｅｒドープ光ファイバ214の出力レベルを光分岐器2111の分岐後、受光素子2112で検出し、その検出結果を前記変調処理制御回路2110に供給すれば、検出レベルが所定レベル以下となったとき、光ファイバ増幅器に異常が生じたと判断することができ、変調器213を通じて、特定の周波数で励起光を強度変調することによって、出力部異常の情報を光受信器側に知らせることができる。

尚、上記の各実施例では、励起光の強度変調に光ファイバ増幅器の利得飽和特性を利用したが、光ファイバ増幅器の利得応答特性を利用するようにしても実施可能である。この手法は、光ファイバ増幅器の利得が追随できない領域で励起光強度を変化させるもので、光ファイバ増幅器を励起する光の強度を高い周波数で変調することにより、信号光に悪影響を与えることなく、伝送システムの下流側に光ファイバ増幅器の異常などの運用、監視、保守の情報を伝達することができる。

すなわち、励起光源を変調した場合、光ファイバ増幅器の利得の応答は光ファイバ増幅器の材料によって定まる。例えば、Ｅｒをドープした石英系光ファイバ増幅器の場合には、利得を大きくとれる１．５〔μｍ〕帯の波長において、励起光強度変調に対する利得の応答は、数ｋＨｚ以上で励起光に追随できなくなる。したがって、例えば数ｋＨｚの周波数成分を持つような信号で励起光を強度変調すれば、光ファイバ増幅器の利得は時間的に変化しないとみなすことができる。逆に、１０Ｈｚ程度の信号で励起光を強度変調すれば、光ファイバ増幅器の利得は励起光の変化に追随してしまい、信号光も強度変調されて受信側での復調に悪影響を及ぼすことになる。

第４図に一例を示す。第４図（ａ）は無変調時における信号光パルス列を示すもので、このような信号光に１０Ｈｚ程度の励起光を合波すると、同図（ｂ）に示すようにパルスの振幅が不揃いとなり、復調に悪影響を及ぼしてしまう。

このようなことから、励起光源を光ファイバ増幅器の利得が応答できない速度で強度変調すれば、信号光に影響を与えることなく、励起光の波長のみを変化させることができる。したがって、この変調手段によっても、光ファイバ増幅器の異常等の情報を下流に知らせることができる。

尚、いずれの実施例も光ファイバ増幅器での異常発生を下流に知らせる場合について説明したが、光送信器の出力部を同様に構成すれば、光送信器自体の送信異常発生を下流に知らせることもできる。また、変調手段は光ファイバ増幅器の利得飽和特性、応答特性のいずれか一方を利用すればよいが、両方を同時に利用すれば、信頼性を向上させることができる。

また、例えば光伝送路が長距離にわたり、光受信器が遠方に存在し、光伝送路内の各異常の監視を途中の光増幅器で行う方が都合がよい場合は、異常の有無を検出する監視手段を光受信器内に設ける代わりに、当該光ファイバ増幅器内に設けてもよい。

その他、この発明の要旨を変更しない範囲で種々変形しても同様に実施可能であることはいうまでもない。

［発明の効果］

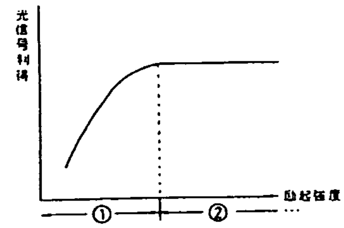
以上のようにこの発明によれば、別に監視用回線を用いることなく、下流側で上流側の異常を容易に検知することができ、これによって容易に運用、管理、保守を行うことのできる光ファイバ伝送システムを提供することができる。

４．図面の簡単な説明

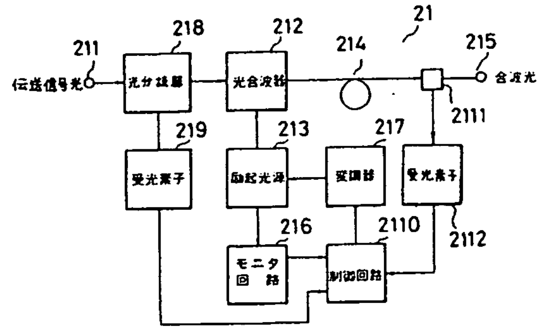
第１図はこの発明に係る光ファイバ伝送シス

テムの一実施例を示すブロック図、第２図は同実施例の変調手段を説明するための特性図、第３図及び第４図はそれぞれこの発明に係る他の実施例を示すブロック図、第５図は同実施例の変調手段を説明するための波形図、第６図は従来の光ファイバ伝送システムの基本構成を示すブロック図、第８図は第７図のシステムの光ファイバ増幅器の構成を示すブロック図、第７図は第６図のシステムの光受信器の入力部の構成を示すブロック図である。

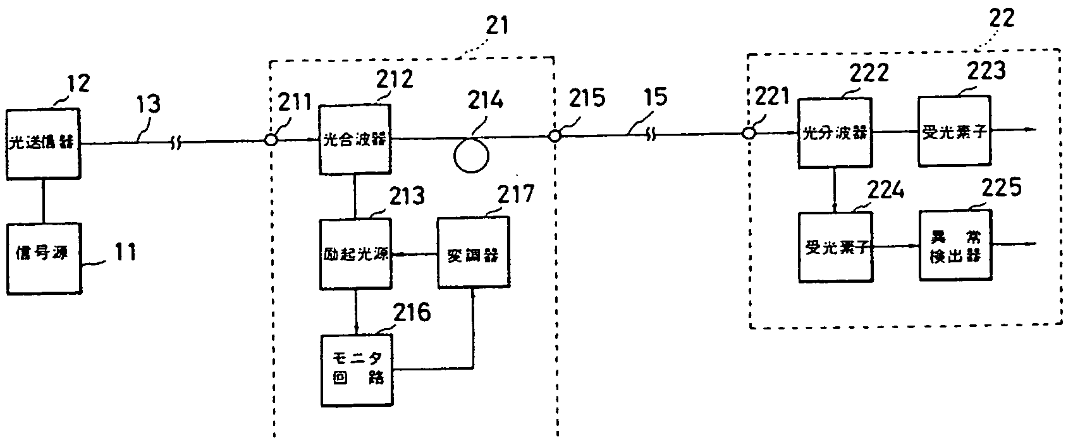
11…信号源、12…光送信器、13…光伝送路、
14, 21…光ファイバ増幅器、15…光伝送路、
16, 22…光受信器、141，211…入力ポート、
142，212…光合波器、143，213…励起光源、
144，214…Ｅｒドープ光ファイバ、
145，215…出力ポート、216…モニタ回路、
217…変調器、218…光分岐器、
219…伝送路監視用受光素子、
2110…変調処理制御回路、2111…光分岐器、
2112…受光素子、2181…光分波器。



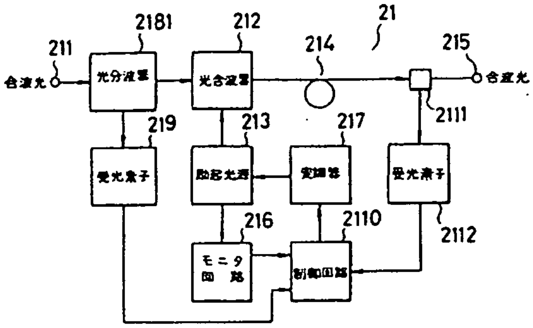
第２図



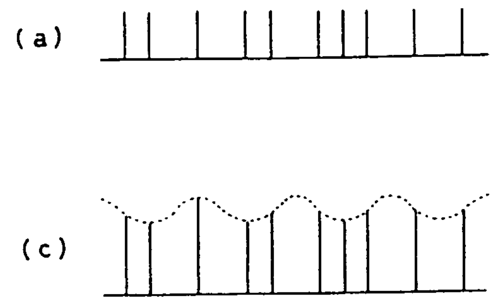
第３図



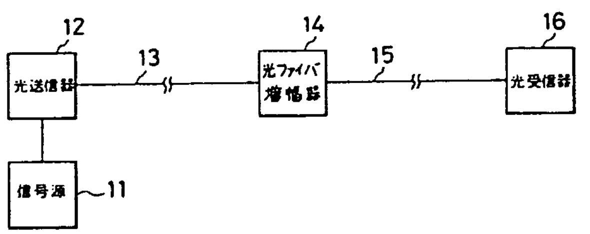
第１図



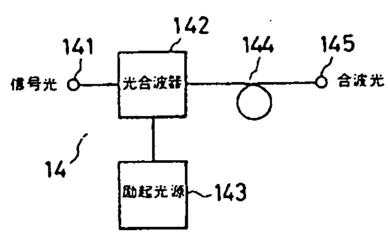
第 4 図



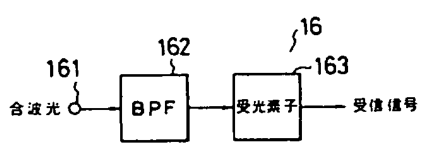
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

第1頁の続き

⑤Int. Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号		
G 02 B 6/00				
H 01 S 3/07		7630−4M		
3/0915				
H 04 B 10/08		9017−2K	G 02 B 6/00	C